

Značajke svjetlosne signalizacije u cestovnom prometu

Grbić, Krešimir

Undergraduate thesis / Završni rad

2015

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Transport and Traffic Sciences / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:530438>

Rights / Prava: [In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-26**



Repository / Repozitorij:

[Faculty of Transport and Traffic Sciences -
Institutional Repository](#)



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI**

Krešimir Grbić

**ZNAČAJKE SVJETLOSNE SIGNALIZACIJE U
CESTOVNOM PROMETU**

ZAVRŠNI RAD

Zagreb, 2015.

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti

ZAVRŠNI RAD

ZNAČAJKE SVJETLOSNE SIGNALIZACIJE U CESTOVNOM PROMETU

Mentor: prof. dr. sc. Anđelko Ščukanec
Student: Krešimir Grbić, 0135223960

Zagreb, 2015.

Sažetak

Prometnom signalizacijom se sudionici obavješćuju o stanju u prometu te se upozoravaju na opasna mjesta na prometnici. Signalizacija se dijeli na prometne znakove, oznake na kolniku, prometna svjetla, oprema ceste, turistička i ostala signalizacija. U svjetlosnu signalizaciju ubrajaju se svjetlosni prometni znakovi i svjetlosne oznake. Svjetlosna signalizacija ima jako bitnu ulogu u sigurnosti cestovnog prometa. Signalizacija uspostavlja pravilan i uredan tok prometa, prekida tok prometa u ulicama s velikim opterećenjem radi prolaska pješaka i vozila iz ulica manjeg značenja, daje prednost jednoj vrsti prometa pred drugom, usmjeruje promet u određene pravce i trakove, te upozoravanje vozača na opasna mjesta. Pri izradi svjetlosne prometne signalizacije u novije vrijeme koristi se LED tehnologija rasvjete, koja ima niz prednosti kao što su niska potrošnja energije, dulji vijek trajanja, manje dimenzije. Svjetlosni signali za upravljanje prometom su: signali za upravljanje motornim prometom, signali za upravljanje biciklistima i pješacima i posebni signali.

KLJUČNE RIJEČI: prometni znakovi; svjetlosna signalizacija; semafor; LED tehnologija; prometni tok; križanje prometnica.

Summary

Traffic signs inform participants of traffic and warn of the dangerous places on the road. Signaling is divided into traffic signs, road markings, traffic lights, road equipment, travel and other signalization. The signaling includes the light traffic signs and illuminated markings. Signal light has a very important role in road safety. Signaling established and orderly flow of traffic, interrupting the flow of traffic in the streets with a heavy load for the passage of pedestrians and vehicles from the streets of minor importance, giving priority to one type of traffic over another, directs traffic in certain directions and tapes, as well as warning drivers to dangerous places. In preparing light traffic signs recently used LED lighting technology, which has many advantages such as low power consumption, longer lifetime, smaller size. Light signals for traffic management are: the signals for motor traffic signals to manage cyclists and pedestrians, and special signals.

KEY WORDS: traffic signs; light signals; traffic lights; LED technology; traffic flow; crossing roads.

Sadržaj

1.	UVOD	1
2.	POVIJESNI RAZVOJ PROMETNE SIGNALIZACIJE	2
3.	FUNKCIONALNA PODJELA PROMETNE SIGNALIZACIJE.....	7
3.1.	Prometni znakovi.....	7
3.1.1.	Znakovi opasnosti.....	9
3.1.2.	Znakovi izričitih naredaba.....	11
3.1.3.	Znakovi obavijesti	12
3.1.4.	Dopunske ploče, ostali znakovi i oznake	13
3.2.	Oznake na kolniku	14
3.2.1.	Uzdužne oznake.....	14
3.2.2.	Poprečne oznake	15
3.2.3.	Ostale oznake	16
4.	DEFINICIJA SVJETLOSNE PROMETNE SIGNALIZACIJE.....	18
5.	TEHNIČKE IZVEDBE SVJETLOSNE PROMETNE SIGNALIZACIJE.....	22
6.	PRIMJENA SVJETLOSNE PROMETNE SIGNALIZACIJE U CESTOVNOM PROMETU	26
6.1.	Upravljanje prometom svjetlosnim uređajima	26
6.2.	Proračun rada svjetlosnih signala na pojedinačnim križanjima	27
6.3.	Vremenski gubici vozila na semaforiziranim križanjima.....	28
6.4.	Koordiniranje svjetlosnih signala.....	28
6.5.	Kontaktne signali	29
6.6.	Načini upravljanja prometom.....	30
6.7.	Upravljanje semaforom pomoću PLC-a	31
7.	ZAKLJUČAK.....	36
8.	LITERATURA.....	37

1. UVOD

Život suvremenog čovjeka nezamisliv je bez prometnog sustava koji zauzima važno mjesto u gospodarstvu i ekonomskom napretku svake zemlje. Prometom svijet postaje jedinstveniji, povezivanjem i udruživanjem ljudi se oplemenjuju, a prostori dobivaju novu, veću vrijednost. Svakodnevno se vrši transport velike količine robe i stotine milijuna ljudi.

Povećanjem broja putnika i motornih vozila na prometnicama pojavio se problem sigurnosti na cestama. Uzroci čestih prometnih nezgoda koje završavaju sa smrtnim posljedicama ili teškim ozljedama su neispravna vozila u prometu, nedovoljna kultura vozača i pješaka, neprilagođenost ceste zahtjevima suvremenog prometa, nedovoljan broj prometnih znakova i sl.

Najveći broj prometnih nesreća na prometnicama događa se na križanjima u istoj razini. Upravljanje prometom na križanju može biti pravilom desne ruke, horizontalnom i vertikalnom signalizacijom te svjetlosnom signalizacijom. Svjetlosna signalizacija je najučinkovitija i najsigurnija. Uvjeti koje križanje mora zadovoljiti da se može pristupiti regulaciji prometa signalnim svjetlima su prometno opterećenje na glavnim i sporednim smjerovima te gustoća pješačkog prometa, brzine na prilazima križanju, širina kolnika i sl.

Kvalitetno projektirana i izvedena svjetlosna signalizacija može znatno povećati sigurnost na križanjima cestovnih prometnica i minimalizirati broj prometnih nezgoda. Današnje zahtjeve suvremenog prometa, u većini slučajeva mogu zadovoljiti jedino križanja sa signalnim uređajima koji rade poluovisno ili potpuno ovisno o prometu. Takva križanja reguliraju promet u skladu s trenutnim zahtjevima i opterećenjima cestovne mreže. Time omogućuju kontinuirane prometne tokove i povećavaju propusnost križanja.

Cilj ovog rada je u osam poglavlja detaljnije opisati i analizirati sve aspekte svjetlosne signalizacije, njen utjecaj na sigurnost prometa te primjena tehnologija koja se koriste u proizvodnji i održavanju svjetlosne signalizacije. Prvo poglavlje je uvod, a u drugom je prikazan povijesni razvoj prometne signalizacije koja se prvi puta javlja u 19. stoljeću. Treće i četvrto poglavlje opisuju podjelu svjetlosne signalizacije na vertikalnu i horizontalnu odnosno detaljnije opisanu svjetlosnu signalizaciju. U petom se govori o tehničkim izvedbama svjetlosne signalizacije i novim tehnologijama pri izradi, a šesto poglavlje o primjeni svjetlosne signalizacije u cestovnom prometu, upravljanju prometom svjetlosnom signalizacijom, proračunu rada signala, koordiniranju svjetlosnih signala te primjer upravljanja semaforom pomoću PLC-a.

2. POVIJESNI RAZVOJ PROMETNE SIGNALIZACIJE

Cestovni propisi i prometni znakovi, kakvi se danas sreću, nisu stariji od stotinu godina. Međunarodnim konvencijama koje su se pozabavile ovom problematikom prethodilo je razdoblje parnih omnibusa s početka 19. stoljeća. To je vrijeme kad se željeznički promet potvrdio kao jeftiniji, brži i udobniji od konjskih zaprega. Istodobno se razvijala i željeznička prometna signalizacija koja je stoga starija od signalizacije u cestovnom prometu.

U to vrijeme, u najrazvijenijoj industrijskoj zemlji svijeta, u Engleskoj, na cestama se sve češće susreću vozila pogonjena parom, tzv. parni omnibusi, koji su prevozili i do dvadesetak putnika.¹

Godine 1836. izglasan je zakon naziva „Locomotive Acts“, koji je 1865. dopunjen. Taj zakon može se smatrati prvim prometnim propisom o ograničavanju brzine na cestama. Obvezivao je svakog vozača da na 100 metara ispred vozila ima jahača koji će mahati crvenom zastavom i upozoravati prolaznike na dolazeću opasnost. Bilo je dovoljno da kočijaš dignu ruku i vozilo se moralo zaustaviti. Zakon je predviđao da u slučaju bilo kakve nesreće odgovornost snosi vozač parnog vozila.¹



Slika 1. Zakon crvene zastave, [7]

¹Pašagić S.: *Vizualne informacije u prometu*, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb 2004., str. 75-76.

Taj zakon, poznat i pod nazivom "Red Flag Acts" ili "Zakon crvene zastave", ukinut je tek 1896. godine, a imao je za posljedicu zaostajanje Engleske za drugim razvijenim industrijskim državama u gradnji svih vrsta vozila na mehanički pogon.

Pravilo o strani kretanja temeljeno je na starim običajima koje su vozači naslijedili od kočijaša. Engleski su kočijaši vozili kolima uz lijevi rub ceste, pa su i prvi propisi ozakonili taj običaj, proširen i po engleskim kolonijama. Svi ostali narodi slijedili su francuske običaje i zakone te se pri vožnji držali desne strane ceste.²

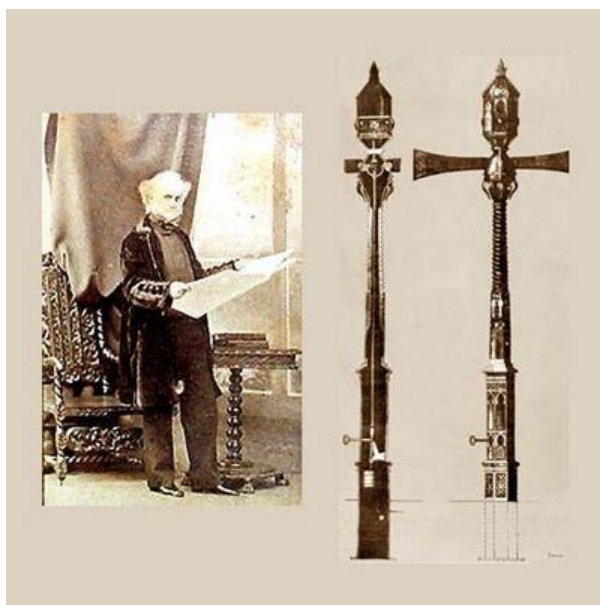
Kad su se na cestama pojavila prva motorna vozila koja su sve češće i lakše prelazila državne granice, a to je vrijeme početka 20. stoljeća, iskrsnula je i potreba da se utvrde međunarodni propisi koji bi ujednačivali prilike na svim cestama.

Prva međunarodna Konvencija o cestovnom i automobilskom prometu sklopljena je 1909. godine u Parizu. Slijedile su kasnije konvencije u drugim gradovima, a najvažnija je Ženevska iz 1949. godine kada je donesen Protokol o signalizaciji na cestama, te potom njegove izmjene i dopune iz 1968. godine koje je donijela Međunarodna konferencija Organizacije ujedinjenih naroda o prometu na cestama.²

Oblici prometnih znakova određeni su već prvom Pariškom konvencijom. Znakovi opasnosti su dobili oblik istostraničnog trokuta s vrhom prema gore, znakovi izričitih naredaba su okrugli, a znakovi obavijesti pravokutni. Vremenom se mijenjao njihov broj – od početnih desetak do današnjih dvjestotinjak (bez dopunskih ploča i ostalih znakova i oznaka).

Posljednje izmjene i dopune Protokola o prometnoj signalizaciji iz 1968. godine uvele su u uporabu osmerokatni znak obveznog zaustavljanja umjesto dotadašnjeg okruglog znaka s ucrtanim trokutom. To je jedini znak takvog oblika, a posebnim izgledom tog znaka željela se istaknuti njegova važnost u odnosu na ostale znakove.²

²Pašagić S.: *Vizualne informacije u prometu*, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb 2004., str. 76-77.

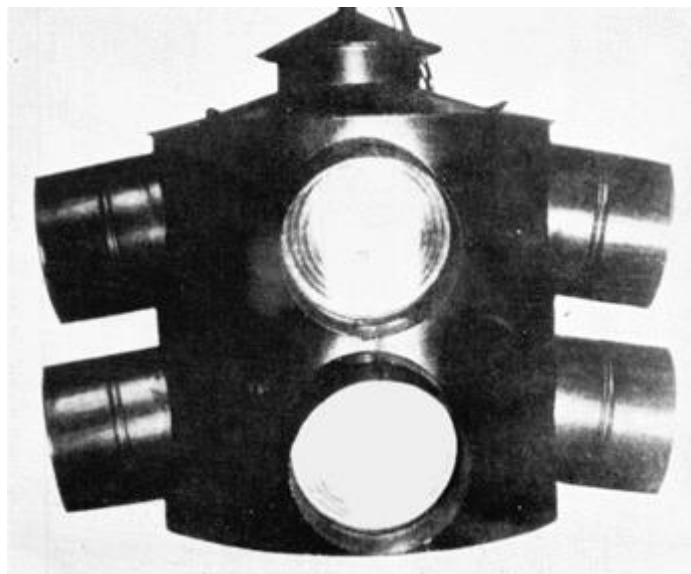


Slika 2. Prvi semaforski uređaj (J.P. Knight), [7]

Sredinom prošlog stoljeća gradnja željeznica je bila u punom zamahu dok je cestovni mehanički pogon vozila tek bio u povojima. Stoga ne čudi da je cestovni prometni semafor izumio inženjer za željezničku signalizaciju, J.P. Knight. Taj je uređaj bio nalik na željeznički semafor onog vremena s ručkom i crvenim i zelenim svjetlom za noćnu signalizaciju. Semafor je bio postavljen u Londonu 1868. godine na raskrižju Bridge St. i New Palače Yard, u blizini zgrade parlamenta. Imao je pokretne krakove sa značenjem slobodnoga kretanja kada su postavljeni visoko, dok su u spuštеноm položaju značili nužnu pozornost pri kretanju. Noću su odgovarajuće informacije davane pomoću svjetiljke s crvenim i zelenim svjetlom. Kao izvor svjetlosti poslužio je plin, koji je vjerojatno i bio uzrokom eksplozije uređaja pa time i prestanka njegove uporabe. Naime nakon nekoliko dana uporabe svjetiljka je eksplodirala.³

Moderna električna signalizacija je američki izum. Prve zelene i crvene svjetiljke postavljene su 1914. godine u Clevelandu. Treće, žuto svjetlo prvi je put postavljeno 1918. godine na jednom semaforskom uređaju u New Yorku. Taj njujorški semafor visio je iznad raskrižja i pokazivao slobodne i zatvorene smjerove za sva četiri privoza odjednom. Danas uobičajeni prometni svjetlosni signal stavljen je prvi put u rad 9. listopada 1917. u Detroitu, SAD. Uređaj je bio izveden u skladu s preporukama W.P. Fnoua.³

³Pašagić S.: *Vizualne informacije u prometu*, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb 2004., str. 77-78.



Slika 3. Prvi električni semafor u Clevelandu,[8]

U Europi je prvi put postavljen trobojni signal 1926. godine, i to u Engleskoj najednom raskrižju u Wolverhanptonu.

Nakon Drugoga svjetskog rata, zbog naglog povećanja broja vozila, započela je sveobuhvatna modernizacija signalnih uređaja. Suvremeni, prometom upravljani, signalni uređaji s upravljanjem ovisnim o količini, gustoći i brzini prometa, naglo se šire. Elektronička računala počela su se primjenjivati 1959. godine u Torontu. Obrada velikog broja prometnih parametara, taktika optimalizacije upravljačkih naredaba, velike brzine obrade i sl. afirmirale su danas primjenu procesnih računala u svim signalnim sustavima.⁴

Zagreb je svoj prvi semafor dobio ranih 60-ih godina prošlog stoljeća, i to na raskrižju Vodnikove ulice i Savske ceste. Uređaj je bio smješten u policijsku kućicu na dovoljno vidljivom mjestu tako da policajac može učinkovito upravljati prometom.⁴

Prvi i najvažniji sporazum o prometnim znakovima, koji čini osnovicu europskog sustava o prometnim znakovima, objavljen je pod okriljem Ujedinjenih naroda 1949. godine u Ženevi. Taj je protokol temeljen na simbolima, bez uporabe riječi. Kao dopuna tog protokola, 1953. godine je načinjen Nacrt konvencije kojim se nastojalo upotrijebiti postojeći sustav s dopunom koja potječe iz američkog sustava. U međuvremenu, ustanovljeno je još nekoliko sporazuma, tako da je do kraja sedamdesetih godina postojalo više sustava. U svijetu ju u uporabi nekoliko sustava znakova:

- U SAD-u, u Australiji i Novom Zelandu u uporabi je sustav koji je najviše utemeljen na uporabi pisanih riječi.

⁴Pašagić S.: *Vizualne informacije u prometu*, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb 2004., str. 79-80.

- Sustav u Europi, utvrđen Protokolom, uglavnom je utemeljen na simbolima bez uporabe riječi.
- Latinska Amerika, države Srednje Amerike i neke zemlje u Aziji poštuju Nacrt konvencije iz 1953. godine. Također se upotrebljavaju simboli, ali na različite načine. Znakovi upozorenja su u obliku romba umjesto trokuta, crvena dijagonalna crta na znakovima isključivo se upotrebljava za zabranu. Znakovi zabrane i dozvole ne mogu se razlikovati na osnovi boje.
- Kanadski sustav najviše koristi simbole, a zasnovan je na Protokolu i Nacrtu konvencije iz 1953. godine i američkom sustavu s nekim novim znakovima.
- U nekom dijelovima istočne i južne Afrike koristi se neka varijanta staroga britanskog sustava, koji je kombinacija simbola iz Protokola i pisanih tekstova. Inače su britanski znakovi u velikom dijelu kombinacija riječi i simbola.⁵

Da bi se unificirali i normizirali prometni znakovi na međunarodnoj razini, donesen je novi sporazum na Konferenciji cestovnog prometa u Beču 1968. godine, također pod okriljem Ujedinjenih naroda. U toj Bečkoj konvenciji iz 1968. nastojalo se što više uključiti najrašireniji sustav iz Nacrta konvencije iz 1953. i Protokola koji upotrebljava Europa. Ta konvencija je osnova i za naše prometne znakove. Kasnije je bilo još sporazuma kojima je cilj lakše komuniciranje među narodima i državama.

Usprkos nastojanjima za što većom univerzalnošću, pokazalo se da nije lako postići usuglašavanje u korištenju prometnih znakova. Postoje brojni tehnički, ekonomski, politički razlozi, a i različite navike ljudi, što otežava usuglašavanje. Potreba za unificiranjem i pojednostavljenjem znakova najviše je izražena u zemljama s velikom gustoćom prometa.⁵

⁵Pašagić S.: *Vizualne informacije u prometu*, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb 2004., str. 80-81.

3. FUNKCIONALNA PODJELA PROMETNE SIGNALIZACIJE

Signalizacijom se obavješćuju i upozoravaju sudionici u prometu o stanju na prometnicama te se na taj način postiže sigurno i nesmetano odvijanje prometa. Za svakog sudionika u prometu prometna signalizacija je od posebne važnosti. O jasnoći primljenih obavijesti ovisi sigurnost, brzina i udobnost kretanja sudionika u prometu.

Signalizacija u prometu mora biti jednostavna, jasna i čitljiva, vidljiva, istoznačna, univerzalna, kontinuirana, odgovarajućeg dizajna i postavljena u odgovarajućem opsegu.

Prometne znakove, signalizaciju i opremu cesta čine:

- prometni znakovi;
- prometna svjetla i svjetlosne oznake;
- oznake na kolniku i drugim površinama;
- prometna oprema ceste;
- signalizacija i oprema za smirivanje prometa;
- turistička i ostala signalizacija.⁶

3.1. Prometni znakovi

Prometni znakovi postavljaju se okomito u odnosu na prometnu površinu, a najčešće se sastoje od podloge s folijom prometnog znaka, stupa te elemenata za pričvršćivanje.⁷

U prometne znakove se ubrajaju:

- znakovi opasnosti
- znakovi izričitih naredaba
- znakovi obavijesti
- dopunske ploče, ostali znakovi i oznake.

Pri postavljanju prometnih valja voditi računa o tomu da se ne postavi prevelik broj znakova jer bi to moglo zbuniti vozača. Prometni znakovi moraju biti jednoliki, jasni i vidljivi. Jednolikost znakova postiže se dosljednim predočivanjem prometne

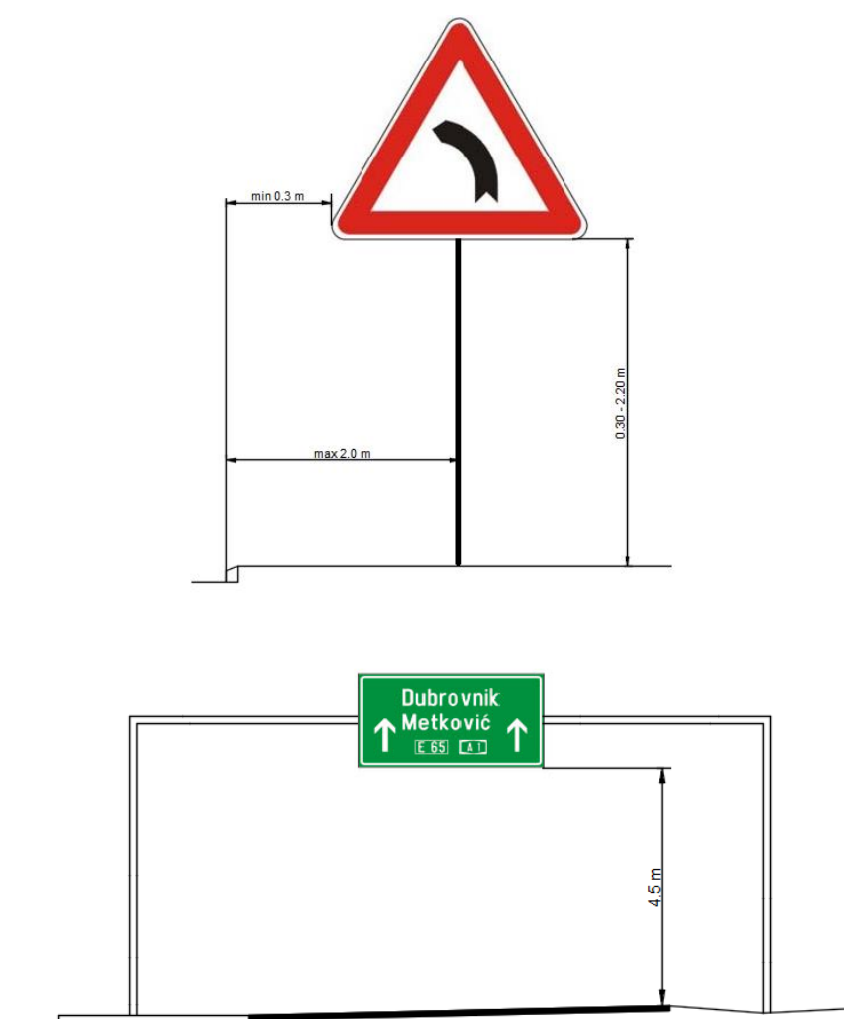
⁶ *Pravilnik o prometnim znakovima, opremi i signalizaciji na cestama*, Narodne novine br. 33/05

⁷ I. Legac i koautori; *Gradske prometnice*, str.:321.

situacije. Jasnoća znakova ovisi o veličini, broju, duljini natpisa te o obliku slova i simbola. Vidljivost znakova ovisi o veličini, o mjestu postavljanja i sl.

Prometni znakovi postavljaju se s desne strane u smjeru kretanja vozila. Ako zbog specifičnih terenskih prilika preglednosti prometnog znaka nije dovoljna, znak se može postaviti u sredinu iznad kolnika ili s lijeve strane ceste.

Prometni znakovi postavljaju se izvan naseljenih mjesta na visini 1,2 do 1,4 metra, a u naseljenim na visini od 0,3 do 2,2 metra. Horizontalna udaljenost prometnog znaka od ruba kolnika mora biti najmanje 0,3 metra. Ako se prometni znak postavlja iznad kolnika, onda je udaljenost od donjeg ruba znaka do gornje površine kolnika najmanje 4,5m.⁸



Slika 4. Dozvoljene udaljenosti znakova od kolnika, [3]

⁸Cerovac V.: *Tehnika i sigurnost prometa*, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb 2001., str.254

Prometni se znakovi u urbanim područjima mogu postavljati na semaforске stupove i ostale stupove uz cestu (npr. stup javne rasvjete).

3.1.1. Znakovi opasnosti

Znakovi opasnosti sudionicima u prometu označuju blizinu dijela ceste ili mjesto na kojem sudionicima u prometu prijeti opasnost. Imaju oblik istostraničnog trokuta. Osnovna boja im je bijela, a rubovi trokuta su crveni. simboli su na znakovima crne boje.

Dimenzije znakova su:

- na autocestama, cestama za motorni promet i cestama širine sedam i više metara – 120 cm (stranica trokuta), a širina crvenog ruba 10 cm;
- na cestama širine kolnika 5,0 do 7,0 metara i glavnim gradskim prometnicama – 90 cm (stranica trokuta), a širina crvenog ruba 8 cm;
- na svim ostalim cestama i gradskim ulicama duljina stranica trokuta je 60 cm, a širina crvenog ruba 6 cm.

Znakovi opasnosti postavljaju se, u pravilu, izvan naselja na udaljenosti 150 do 250 m ispred opasnog mjesta, a u naseljenim do 150 metara ispred opasnog mjesta na cesti.⁹

Znakovi se mogu postavljati i na udaljenosti manjoj od 150 m ispred opasnog mjesta na cesti, ako to zahtijevaju okolnosti na dijelu ceste na kojemu se znak postavlja. Ako sigurnost prometa zahtijeva, osobito brzina kojom se vozila kreću ili nepreglednost ceste, ti će se znakovi opasnosti postaviti i na udaljenosti većoj od 250 m ispred opasnog mjesta na cesti.

Znakovima opasnosti, koji su postavljeni na udaljenosti manjoj od 150 m ili većoj od 250 m, moraju biti pridružene i dopunske ploče na kojima se označuje udaljenost od opasnog mjesta zbog kojeg se ti znakovi postavljaju.¹⁰

⁹ Cerovac V.: *Tehnika i sigurnost prometa*, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb 2001., str.255

¹⁰ <http://www.autoskola.com.hr/ucilica-prometni-znakovi-op.shtml> 7.2015.



Slika 5. Znakovi opasnosti, [9]

Znak „Andrijin križ“ ima krakove duljine 100 cm, širine 12 cm, a postavlja se samo na prijelazima ceste preko željezničke pruge u razini koji su potpuno nezaštićeni ili koji su zaštićeni samo uređajima za davanje svjetlosnih i zvučnih signala bez branika ili polubranika. Znakovi kojima se obilježuje prijelaz preko pruge imaju oblik pravokutnika dimenzija 100x30 cm.¹¹



Slika 6. Znakovi opasnosti za prijelaz preko pruge, [9]

¹¹Cerovac V.: *Tehnika i sigurnost prometa*, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb 2001., str.255

3.1.2. Znakovi izričitih naredaba

Znakovi izričitih naredaba imaju oblik kruga, upozoravaju sudionike u prometu na cesti na zabrane, ograničenja i obveze. Osnovna boja znakova zabrane odnosno ograničenja je bijela, a znakova obveze plava. Simboli i natpisi na znakovima zabrane i ograničenja crne su boje, a na znakovima obveze bijele boje.

Dimenzije znakova su:

- na autocestama, cestama za motorni promet i na cestama širine kolnika sedam i više metara promjer kruga je 90 cm, a širina ruba 8 cm;
- na cestama širine kolnika 5,0 do 7,0 metara i glavnim gradskim prometnicama promjer kruga je 60 cm, a širina ruba 6 cm;
- na ostalim je cestama i gradskim ulicama promjer kruga znaka 40 cm, a širina rubova 5 cm.

Znakovi izričitih naredaba postavljaju se neposredno ispred mjesta za koje vrijedi naredba.¹²



Slika 7. Znakovi izričitih naredbi, [9]

¹²Cerovac V.: *Tehnika i sigurnost prometa*, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb 2001., str.255-256

3.1.3. Znakovi obavijesti

Znakovi obavijesti sudionicima u prometu daju potrebne obavijesti o cesti kojom se kreću, nazivima mjesta kroz koja cesta prolazi i udaljenosti do tih mjesta, prestanku važenja znakova izričitih naredbi te druge obavijesti koje im mogu koristiti.¹³

Znakovi obavijesti imaju oblik kvadrata, pravokutnika ili kruga. Osnovna boja je žuta sa simbolima crne boje odnosno plave i s natpisima bijele ili crne boje. u posebnim slučajevima može se upotrijebiti i crvena boja, ali ona ne smije prevladavati na znaku.

Dimenzije znakova su:

- na autocestama, cestama za motorni promet i na cestama širine kolnika sedam ili više metara – kvadrat 90x90 cm, pravokutnik 90x135 cm, a promjer kruga 90 cm;
- na cestama širine kolnika 5,0 do 7,0 metara i glavnim gradskim prometnicama – kvadrat 60x60 cm, pravokutnik 60x90cm a promjer kruga 60 cm;
- na svim ostalim cestama i gradskim ulicama – kvadrat 40x40, pravokutnik 40x60 cm, a promjer kruga 40cm.¹⁴

Znakovi obavijesti postavljaju se tako da sudionicima u prometu daju prethodne obavijesti, obavijesti o prestrojavanju, obavijesti o skretanju, obavijesti o smjeru kretanja te da označe objekt, teren, ulicu ili dijelove ceste na koje se odnose.



Slika 8. Znakovi obavijesti, [9]

¹³ <http://www.autoskola.com.hr/ucilica-prometni-znakovi-ob.shtml> 7.2015.

¹⁴ Cerovac V.: *Tehnika i sigurnost prometa*, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb 2001., str.256

3.1.4. Dopunske ploče, ostali znakovi i oznake

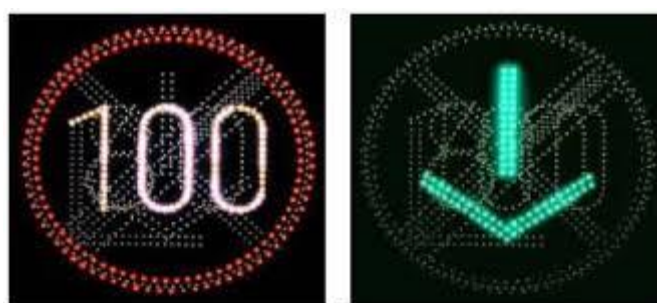
Uz znakove opasnosti, znakove izričitih naredbi i znakove obavijesti mogu biti istaknute i dopunske ploče. Dopunske ploče pobliže određuju značenje prometnog znaka. Njihova širina ne smije biti veća od širine prometnog znaka, a visina ne smije biti veća od pola širine. Osnovna boja dopunske ploče je bijela, a boja natpisa i simbola na dopunskoj ploči crna.



Slika 9. Dopunske ploče, [9]

Promjenjivi prometni znakovi sve se češće primjenjuju u suvremenom prometu. Prilagođeni su trenutačnim prometnim potrebama, a daju obavijesti o brzini, smjeru i o uvjetima na određenom dijelu ceste.

Promjenjivi prometni znakovi mogu se izvesti u obliku okretnih lamela, okretnih prizmi, pomičnih traka, optičkih vlakana, svjetlosnih polja, svjetlećih dioda i tekućih kristala.¹⁵



Slika 10. Promjenjivi prometni znakovi, [10]

¹⁵ Cerovac V.: *Tehnika i sigurnost prometa*, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb 2001., str.256-257

3.2. Oznake na kolniku

Oznake na kolniku se postavljaju na cestama sa suvremenim kolnikom. One omogućuju lakše odvijanje prometa, a nedostatak im je što nisu vidljive za snježnih oborina i što ih treba često obnavljati zbog brzog trošenja.

Oznake na kolniku obično su bijele boje (žutom bojom označuju se mjesta na kojima je zabranjeno parkiranje, rubne crte i sl.), visine do 0,6 cm, a mogu se ucrtati, lijepiti, ugrađivati ili utiskivati u kolnički zastor.

Oznake na kolniku mogu se podijeliti na:

- uzdužne oznake
- poprečne oznake
- ostale oznake na kolniku i predmetima uz rub kolnika¹⁶

Prema trajnosti oznaka, horizontalna signalizacija može biti:

- privremena (kratkotrajna),
- stalna (dugotrajna).

Trajnost oznaka na kolniku predstavlja više karakteristiku materijala koji je primijenjen za njenu ugradnju. U praksi se koristi kako bi se označila i namjena oznake. Naime, privremena signalizacija se primjenjuje u izvanrednim situacijama, prilikom radova na cesti ili nekih drugih intervencija na cesti ili ulici dok se „stalne“ oznake na kolniku koriste u normalnoj eksploataciji ceste ili ulice.¹⁷

3.2.1. Uzdužne oznake

Uzdužne oznake mogu biti izvedene kao pune crte, isprekidane crte i dvostruke crte. Širina im je 10 – 15 cm, ovisno o važnosti i značenju ceste. Razmak je između dvostrukih crta jednak njihovoj širini.

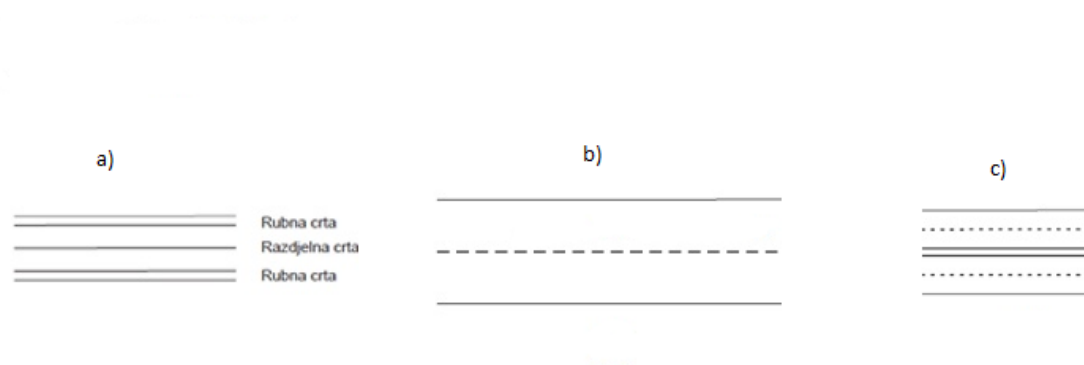
Isprekidane crte koje dijele prometne tokove sastoje se:

- na autocestama i cestama I. reda od 9,0 metara obilježenog i 9,0 metara neobilježenog prostora;
- na ostalim cestama od 6,0 metara obilježenog i 6,0 metara neobilježenog prostora;
- na ulicama u naselju od 3,0 metra obilježenog i 3,0 metra neobilježenog prostora.

¹⁶ Cerovac V.: *Tehnika i sigurnost prometa*, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb 2001., str.257

¹⁷ Zdravković P., Stanić B., Vukanović S.: *Horizontalna signalizacija*, Saobraćajni fakultet, Beograd 2003. str.5

Isprekidane crte na križanjima služe za vođenje tokova, a sastoje se od 1,5 metara obilježenog i 1,5 metar neobilježenog prostora.



Slika 11. a) Puna crta, b) isprekidana crta, c) dvostruka crta, [9]

3.2.2. Poprečne oznake

Poprečne oznake na kolniku označuju se punim ili isprekidanim crtama. U te oznake pripadaju: crte zaustavljanja („stop“ – crte), crte gdje vozači moraju dati prednost prolaza, pješački prijelazi, prijelazi biciklističkih staza preko kolnika, kosnici i graničnici.

Crte zaustavljanja („stop“ – crte) široke su 20 do 60 cm.

Isprekidane crte kojima se obilježuje mjesto na kojemu vozač mora zaustaviti vozilo, tj. gdje vozači moraju dati prednost prolaza, širine su 20 do 60 cm.

Pješački se prijelazi označuju poljima koja su široka 60-70 cm, a razmak između polja ne smije biti veći od dvostruke širine polja. Na cestama na kojima je dopuštena brzina do 60 km/h širina pješačkog prijelaza ne smije biti manja od 2,4 metra, a na onima gdje su dopuštene brzine veće od 60 km/h ta širina iznosi više od 4 metra.

Prijelaz biciklističke staze preko kolnika obilježuje se četverokutima, kojima stranice iznose 40-60 cm, s razmakom koji je jednak duljini stranice. Za dvosmjerne biciklističke staze prijelaz ne smije biti uži od 3,0 metara.



Slika 12. a) „Stop“ crta, b) crta za davanje prednosti prolaza, [9]



Slika 13. a) Pješački prijelaz b) prijelaz biciklističke staze preko kolnika, [9]

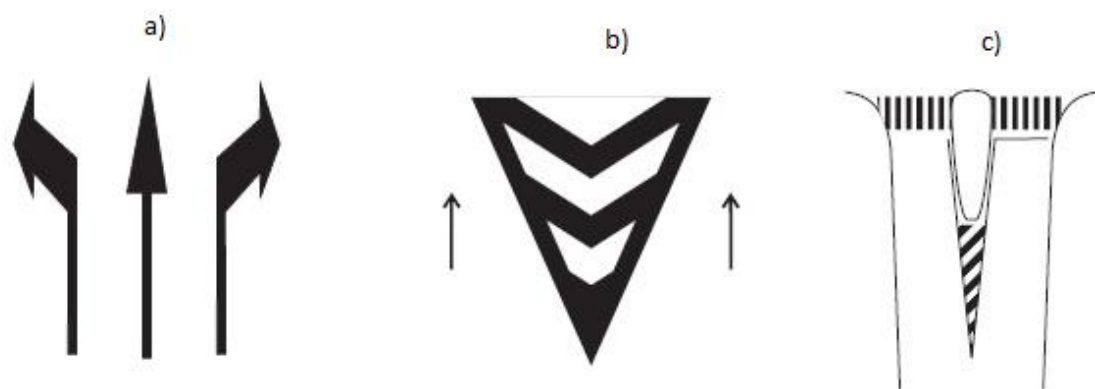
3.2.3. Ostale oznake

Ostale oznake jesu: strelice, polja za usmjerivanje prometa, natpisi, oznake uz rub kolnika i sl.

Na cestama s više prometnih trakova postavljaju se strelice ispred križanja na mjestima gdje treba označiti skretanje.

Na kolniku mogu biti natpisi kao: „Taxi“, „BUS“, „Stop“ i sl. Ispisuju se tako da im je visina slova najmanje 1,6 metara, a širina 3-6 puta manja od visine. Na cestama s velikim dopuštenim brzinama visina slova može biti 2,5 metra, a širina 0,20 metra.¹⁸

¹⁸Cerovac V.: *Tehnika i sigurnost prometa*, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb 2001., str.257-261



Slika 14. a) Strelice, b),c) polja za usmjerivanje prometa, [9]



Slika 15. Natpisi na kolniku, [9]

4. DEFINICIJA SVJETLOSNE PROMETNE SIGNALIZACIJE

U svjetlosnu signalizaciju ubrajaju se svjetlosni prometni znakovi i svjetlosne oznake.

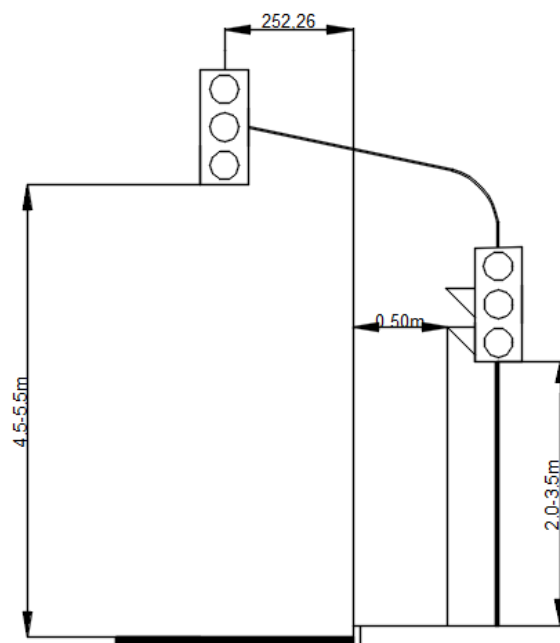
Svjetlosni prometni znakovi jesu:

- svjetlosni znakovi za upravljanje prometom vozila
- svjetlosni znakovi za upravljanje prometom pješaka
- svjetlosni znakovi za upravljanje prometom tramvaja
- svjetlosni znakovi za označivanje prijelaza preko željezničke pruge u jednoj razini
- svjetlosni znakovi za označivanje radova na cesti, raznih oštećenja i sl. koji su opasni za odvijanje prometa.

Zadaća svjetlosnih prometnih znakova:

- uspostavljanje pravilnog i urednog toka prometa
- povećanje sigurnosti toka prometa
- uspostavljanje približno kontinuiranog toka prometa
- prekidanje toka prometa u ulicama s velikim opterećenjem radi prolaska pješaka i vozila iz ulica manjeg značenja
- davanje prednosti jednoj vrsti prometa pred drugom
- usmjerivanje prometa u određene pravce i trakove
- upozoravanje vozača na opasna mjesta (prijelaz preko pruge i sl.)

Uređaji za davanje svjetlosnih prometnih znakova za upravljanje prometom na križanjima (semafori) mogu se postavljati na stupu pokraj kolnika na visini 2.0 – 3.5 m. Ako su ovješeni iznad kolnika visina od donjeg ruba uređaja do gornje površine kolnika ne smije biti manja od 4.5 m. Polumjer kruga semafora na cestama a manjim prometom iznosi najmanje 20 cm, a na cestama sa bržim i intenzivnijim prometom najmanje 30 cm.



Slika 16. Postavljanje prometnih svjetala, [3]

Svjetlosni znakovi za upravljanje prometom vozila su uređaji s trobojnim svjetlima (crvene, žute i zelene boje). Ta se svjetla obično postavljaju po okomitoj osi jedno ispod drugog, i to: crveno svjetlo na vrhu, zatim žuto pa zeleno. Zeleno svjetlo može imati dopunski znak u obliku strelice koja je smještena u krugu crne boje.

Svjetlosni znakovi s crvenim, žutim i zelenim svjetlom mogu se upotrijebiti za upravljanje prometom na više prometnih tokova istodobno ili za svaki trak posebno. Ako se za svaki trak postavi poseban znak, na njemu mora biti strelica.



Slika 17. Signali za motorna vozila te prikaz oblika strelica, [9]

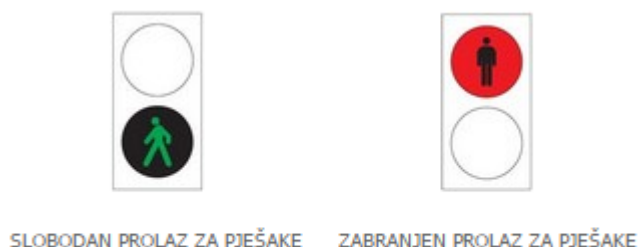
Svjetlosni znakovi za upravljanje prometom tramvaja jednoboynih su svjetala u obliku svjetleće crte bijele ili žute boje. Svjetleća crta može biti položena, uspravna ili kosa. Položena crta znači zabranu prolaza, a uspravna i kosa slobodan prolaz.



Slika 18. Signali za tramvaje, [9]

Svjetlosni znakovi za upravljanje prometom pješaka jesu uređaji s dvoboynim svjetlima crvene i zelene boje. Svjetlosni znak ima oblik kvadrata ili kruga na kojemu se nalazi tamna silueta pješaka. Postoje i kombinacije s trepćućim zelenim svjetlom.

Na crvenom svjetlosnom polju prikazuje se simbol pješaka koji stoji, a na zelenom simbol pješaka koji se kreće. Crveno i zeleno svjetlo ne mogubiti upaljeni istodobno.



Slika 19. Signali za pješake, [9]

Svjetlosni znakovi koji označuju prijelaz preko pruge u razini dijele se na one koji označuju položaj branika ili polubranika i na one koji najavljuju približavanje željezničkog vozila.

Branike i polubranike treba označiti s najmanje tri crvena reflektirajuća stakla, a još je bolje ako se branik premaže reflektirajućom tvari na cijeloj duljini.

Približavanje željezničkog vozila najavljuje se svjetlosnim znakovima s pomoću dva crvena okrugla svjetla na vodoravnoj osi usporednoj s osnovicom istostraničnog trokuta.



Slika 20. Signal kod prijelaza preko pruge, [9]

Svjetlosni znakovi za označavanje radova na cesti, raznih oštećenja i sl. koji su opasni za sigurnost prometa mogu biti: ploča za označivanje zapreka s treptaćem, pokretna ploča s treptaćima i znakovima kao i privremeni uređaji za davanje znakova prometnim svjetlima radi naizmjeničnog propuštanja vozila iz suprotnih smjerova.¹⁹



Slika 21. Signali za izvođenje radova, [9]

¹⁹Cerovac V.: *Tehnika i sigurnost prometa*, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb 2001., str.263-265.

5. TEHNIČKE IZVEDBE SVJETLOSNE PROMETNE SIGNALIZACIJE

Svjetlosni signali za upravljanje prometom dijele se s obzirom na konstrukciju izvora svjetlosti u dvije skupine:

- halogeni – izvor svjetlosti je halogena žarulja,
- LED – izvor svjetlosti su LED diode.

Halogene žarulje su male, lake za upotrebu i sjajan izvor svjetlosti te su popularna alternativa žaruljama sa žarnom niti.

Dodatak halogenidaplnskom punjenju gotovo potpuno sprečava crnjenje balona žarulje, čime se održava konstantan svjetlosni tok kroz cijeli vijek trajanja. Zbog toga je moguće napraviti balon puno manjih dimenzija, s višim pritiskom plinskog punjenja, čime se dodatno povećava iskoristivost inertnih plinova u punjenju. Uz to moguće je žarnu nit zagrijati na puno višu temperaturu, čime se podiže svjetlosna iskoristivost.²⁰

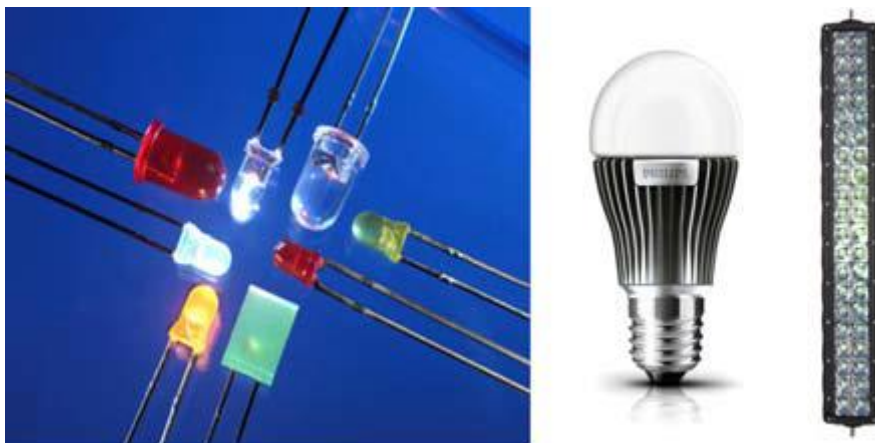


Slika 22. Izvor svjetlosti – halogena žarulja, [10]

LED tehnologija je stara oko 50 godina, a izašla je iz istraživačkih laboratorija General Electrica. Svjetleće diode emitiraju svjetlost kao posljedicu protjecanja struje. Prve su svjetleće diode emitirale isključivocrvenu svjetlost, što je ograničilo njihovu uporabu na monokromatske uređaje kao što su alarmi iliupozorenja. Daljnji razvoj

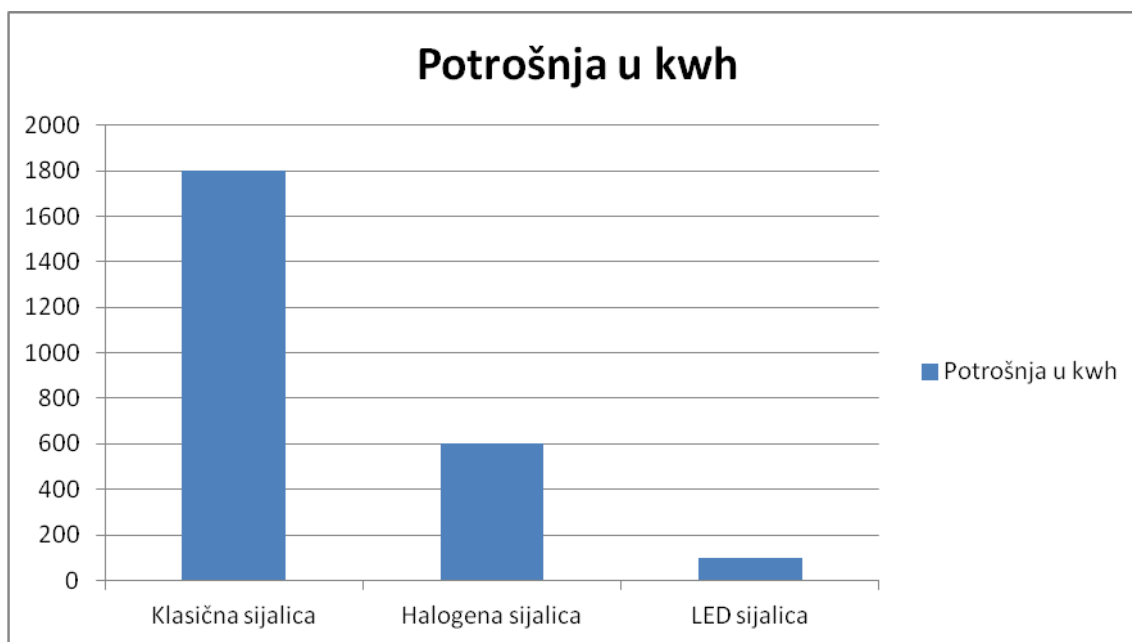
²⁰<http://www.lipapromet.hr/Usluge/Projektiranje%20svjetlotehnike/Rasvjetaznanjeiiskustva/tabid/72/ctl/details/it%20emid/185/mid/531/arulje.aspx> 7.2015.

tehnologije svjetlećih dioda rezultira trima bojama koje se koriste u prometnojsignalizaciji – crvena, žuta i zelena.



Slika 23. Različiti oblici LED elemenata, [11]

Postoji niz značajnih prednosti LED rasvjete. Glavne prednosti su: manja potrošnja energije, duži vijek trajanja, fizička čvrstoća, manje dimenzije, neograničene mogućnosti izvedbe i dizajna. LED rasvjetna tijela troše višestruko manje električne energije od uobičajenih sijalica, a dimenzijama su male i stoga predstavljaju nenametljiv izvor svjetla. Ova vrsta rasvjetnih tijela je zbog svoje konstrukcije vrlo izdržljiva što se tiče mehaničkih oštećenja, ne sadrže živu, te se odlikuju izrazito niskom električnom potrošnjom. Neusporedivo je manje i zagrijavanje okolnog prostora i kućišta u odnosu na poznata rasvjetna tijela.



Grafikon 1. Usporedni prikaz potrošnje energije za pojedine izvore svjetlosti

Na grafikonu je usporedno prikazana potrošnja električne energije za tri tipa rasvjetnih tijela. To su: obična sijalica, halogena sijalica i LED sijalica. Za usporedbu je uzeta potrošnja električne energije u periodu od 360 dana, sa dnevnom aktivnošću rasvjetnih tijela od deset sati i za po pet sijalica od svakog posmatranog tipa. Sa grafikonu se vidi da je potrošnja energije LED sijalica u posmatranom periodu drastično manja (oko 20 puta manja) u odnosu na obične sijalice, a također značajno manja (oko 7 do 8 puta manja) u odnosu na halogene sijalice.

Jedna od glavnih prednosti prometne signalizacije zasnovane na tehnologiji svjetlećih dioda je povećana vidljivost. Tradicionalne su žarulje najčešće prekrivane filterima u boji ili reflektirajućim i staklenim lećama što utječe na količinu svjetlosti koja u konačnici dolazi do oka vozača. LED prometna signalizacija koristi spektar bistrh svjetlećih dioda koje ne zahtijevaju dodatne filtre ili pojačanja.



Slika 24. LED diod u semaforu

Trajnost LED dioda je i više od 100 000 radnih sati, za razliku od dosadašnjih izvora osvjjetljenja kod kojih je to ispod 100 radnih sati, pa do maksimalno 2000 radnih sati, sa približno istim početnim karakteristikama. Kada bi svakodnevno LED rasvjeta radila 10 do 12 sati u prosjeku vijek njenog trajanja bi bio oko 27 godina. Pored toga, nema trenutnog izgaranja i prestanka rada kao kod klasičnih sijalica, nego s vremenom LED elemente degradiraju, tj. intenzitet svjetlosti im slabi. Na kraju radnog vijeka intenzitet im obično padne za oko 30% vrijednosti od početne.

Kvar pojedinačne tradicionalne žarulje dovodi do poremećaja čitavoga svjetlosnog signalizacijskog slijeda. U LED tehnologiji, kvar nekoliko svjetlećih dioda neće uzrokovati značajan poremećaj. Kvar koji uključuje ispadanje iz rada čitavog LED sustava je vrlo rijedak.²¹

Nedostatak LED rasvjete je prije svega dosta visoka cijena i ulaganja koja su potrebna u startu, a koja su osjetnoveća od klasične rasvjetne tehnologije kao

početnainvesticija. Međutim, kroz eksploataciju taj nedostatak iproblem se smanjuje, tako da se nakon nekih 10 do 24mjeseca početni veći troškovi nadoknade kroz manjupotrošnju energije i manje troškove održavanja. Ta razlika uuštedi s vremenom eksploatacije postaje sve veća. Unarednom vremenu kako će proizvodnja i primjena LEDtehnologije rasti i cijena će biti pristupačnija, pa će sesmanjivati ovaj nedostatak i rasti interes za primjenu LEDrasvjete.

Zahvaljujući visoko svjetlosnim LED elementima, promjenjivi prometni znakovi su aktivni prometni znakovi koji svjetlećim diodama raspoređenim na prednjici stvaraju simbol prometnoga znaka.

Kombinacija simbola prometnoga znaka se definira na osnovu zahtjeva pojedine lokacije. Uglavnom su kombinacije simbola upozorenja i zabrana, te svjetlosni signali. Najčešće se koriste od 2 do 6 simbola po uređaju. Veličina simbola ovisi o zahtjevima lokacije.²¹

Unutar kućišta promjenjivog prometnog znaka smješteni su izvor konstantnog napajanja za LED elemente i upravljačka elektronika. Pojedine svjetlosne točke, koje tvore sliku znaka na prednjoj stijenci, su svjetleće diode zaštićene optičkom lećom te spojnim kućištem. LED element emitira svjetlost određene valne duljine.

Elektronički sustav kontrolira ispravnost pojedinog LED elementa, osigurava komunikaciju sa kontrolom signalizacije te prilagođava jačinu osvjetljenja znaka u ovisnosti o vanjskom ambijentalnom osvjetljenju.²¹



Slika 25. Prometna LED signalizacija, [12]

²¹<http://www.gradimo.hr/clanak/led-ndash-svjetlo-buducnosti/24040> 7.2015.

6. PRIMJENA SVJETLOSNE PROMETNE SIGNALIZACIJE U CESTOVNOM PROMETU

Svjetlosna signalizacija je vrlo važna radna mjera za odvijanje cestovnog prometa posebno zbog toga što je uslijed rastućeg prometa sve manje prostora na cestama.

Kako se putem uređaja svjetlosne signalizacije neposredno utječe na tok prometa, tako da se prometni tokovi sa zajedničkim konfliktnim površinama naizmjenice zaustavljaju ili im se daje slobodan prolaz, uređaji svjetlosne signalizacije moraju se posebno pažljivo projektirati, izvoditi i održavati.²²

6.1. Upravljanje prometom svjetlosnim uređajima

Pri propuštanju prometnog toka jednog pravca, zadržava se prometni tok poprečnog pravca. Da bi se postiglo što kraće zadržavanje vozila, signali se usklađuju na jednom dijelu ili uklapanjem više dijelova. Neprekinuti tok moguć je samo na onim prometnicama koje nemaju križanje u razini. Signalni pojmovi se smjenjuju u vremenskim razmacima.

Signali za upravljanje prometom su:

- signali za upravljanje motornim prometom
 - s fiksnim vremenom
 - kontakti
- signali za pješake i bicikliste
- posebni signali
 - signali za vozila javnog gradskog prometa
 - trepćući signali
 - brzinski signali
 - direkcijski signali (omogućuju prolazak vozilima u smjeru koji pokazuje strelica na leći signala)
 - signali za pojedine trakove (postavljaju se na mjestima gdje ima više prometnih trakova).²³

²²Smjernice za prometnu svjetlosnu signalizaciju na cestama, Hrvatska uprava za ceste, str.12

²³Cerovac V.: Tehnika i sigurnost prometa, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb 2001., str.267

Na signalima s fiksnim vremenom ponavlja se određeni vremenski signalni pojam u jednakim vremenskim intervalima. Ako je rad signala neovisan (o radu drugih signala), njegovo je funkcioniranje izolirano, a ako je ovisan, tj. povezan u vremenski točno određenom odnosu, onda je funkcioniranje koordinirano.

6.2. Proračun rada svjetlosnih signala na pojedinačnim križanjima

Vremenski parametri rada signala na pojedinačnim križanjima imaju velik utjecaj na propusnu moć križanja.

Postavljanjem signala obično se povećava propusna moć ako je program dobro odabran.

Za postavljanje signala na izoliranim križanjima u nas još nisu izrađeni normativi, pa se primjenjuju američke i europske norme.²⁴

Prema europskim normama koje su bliže našim uvjetima, signali se postavljaju:

- ako broj vozila koja dolaze na križanje iznosi najmanje 400-500 u satu ili prometnom traku tijekom osam sati (od ukupno 24 sata),
- ako broj pješaka koji prelaze glavnu ulicu iznosi 250 u satu za bilo kojih osam sati prosječnog dana,
- ako iz glavne ulice ulazi na križanje najmanje 600 vozila u satu tijekom istih osam sati,
- ako je prosječna brzina na prilazima križanju najmanje 25 km/h.

Postavljanje svjetlosnih signala na križanjima na kojima nema dovoljno prometnog opterećenja može imati negativno djelovanje. Nakon što su nekoliko puta zaustavljeni na semaforu, a istodobno iz drugih smjerova nema prometa vozila, vozači često smatraju da je suvišno zadržavanje pa prolaze i kroz crveno svjetlo. To još češće čine pješaci.²⁴

Kod svjetlosnih signala tri su osnovna pojma: ciklus, faza i interval.

Ciklus je vrijeme od početka paljenja jedne kombinacije signalnih pojmova do ponovnog paljenja te iste kombinacije, tj. vrijeme u kojemu se izmjene sve faze u ciklusu.

²⁴ Cerovac V.: *Tehnika i sigurnost prometa*, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb 2001., str.268-269.

Pri dvofaznom reguliranju ciklus traje 40-60 sekundi, pri trofaznom 60-90, a pri četverofaznom reguliranju 80-120 sekundi.

Faza je dio ciklusa u kojemu jedna ili više skupina vozila ili pješaka ima slobodan prolaz. Trajanje pojedine faze ne smije biti kraće od 15 sekundi.

Interval je vrijeme trajanje bilo kojega svjetlosnog pojma.

Odnos između zelenog vremena i ukupne duljine trajanja ciklusa posebno je važan za održavanje propusne moći križanja.²⁵

6.3. Vremenski gubici vozila na semaforiziranim križanjima

Vremenski gubici, čekanje i skupljanje vozila na semaforiziranim križanjima, usko su povezani s pojavom sve većeg broja vozila na mreži prometnica. Na semaforiziranim križanjima vozila moraju dijeliti pravo prolaza s nekim drugim konfliktnim tokom, a takav sustav stvara vremenske gubitke vozila.

Vremenski gubici mogu se definirati kao razlika između stvarno utrošenog vremena za prijelaz semaforiziranog križanja i vremena koje bi bilo potrebno za prolaz kad bi promatrani prilaz imao stalno zeleni signalni pojam.

Tako definirani vremenski gubici predstavljaju jedan od osnovnih kriterija za određivanje duljine ciklusa i preraspodjele zelenog vremena unutar ciklusa na semaforiziranim križanjima.²⁵

6.4. Koordiniranje svjetlosnih signala

Na križanjima gdje se promet regulira pojedinačnim svjetlosnim signalima koji rade izolirano za svako križanje, prometni se tokovi stalno prekidaju. Da bi se postigao kontinuirani prometni tok, rad signala mora biti sinkroniziran.

Koordinacijom signala postiže se:

- veća propusna moć
- veći stupanj sigurnosti prometa
- mogućnost davanja prednosti, prema potrebi, određenom smjeru vožnje
- određena brzina kretanja vozila
- mogućnost presijecanja iz poprečnih pravaca.²⁵

²⁵ Cerovac V.: *Tehnika i sigurnost prometa*, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb 2001., str.269-272.

Pri otprilike jednakim razmacima između križanja, prometni tokovi kreću se približno nekom srednjom brzinom tako da se vrijeme putovanja od jednog do drugog križanja može uzeti jednako. U tom je slučaju, radi ostvarivanja kontinuiranog protoka, dopušteno da se signal „zeleno“ pomakne za istu vremensku duljinu, tj. fazni pomak. Ako su razmaci križanja nejednoliki, vrijeme pojedinih ciklusa se ne podudara, pa je potrebno provesti vremensko pomicanje signala s odgovarajućim faznim pomicanjem.

Koordinacija signala može se obaviti pri razmaku križanja od 280 do 750 metara. Optimalni razmak križanja je 360 do 380 metara.²⁶

6.5. Kontaktni signali

Kod kontaktnih signala, odnosno kod signala koji se aktiviraju prometom, duljina signalnih intervala ovisi o trenutačnim potrebama prometa. Radom tih signala upravlja se detektorima. Detektori se mogu postaviti na svim prilazima ili samo na pojedinim prilazima križanju. Duljina ciklusa i razdioba unutar ciklusa ovise o potrebama prometa.²⁶

Signale kojima upravljaju sudionici u prometu treba postaviti:

- kad zbog relativno malog broja vozila na križanju nema opravdanja za postavljanje signalizacije s fiksnim vremenom;
- kada se , zbog velikog broja vozila na glavnom smjeru, vozila iz sporednih ulica ne mogu uključiti;
- kada je potrebno posebno upravljati prometom tijekom vršnog sata;
- ako je velik broj pješaka koji prelaze glavni smjet.

Kontaktni signali mogu funkcionirati:

- izolirano (samostalan način upravljanja)
- koordinirano.

Pri izoliranom funkcioniranju, pojedinačna križanja opremljena su svjetlosnim signalima i nisu u svom radu povezana s preostalim dijelom prometne mreže.

Pri koordiniranom funkcioniranju susjedna križanja su povezana, tj. rade koordinirano.²⁶

²⁶ Cerovac V.: *Tehnika i sigurnost prometa*, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb 2001., str.275-278.

6.6. Načini upravljanja prometom

Na križanjima gdje se promet regulira pojedinačnim svjetlosnim signalima, koji rade izolirano za svako križanje, može se upravljati: ručno po fazama, vremenski ustaljeno, poluovisno i ovisno o prometu.

Na križanjima koja su međusobno povezana, tj. svjetlosni signali rade koordinirano, može se upravljati: vremenski ustaljeno ili ovisno o prometu.

Ručno upravljanje prometom provodi radno osoblje, i to u prvom redu kad se pojave netipične situacije u prometu. Ručnim pritiskom na određene tipke aktivira se signal, tj. određena faza, koji traje po potrebi dok se pritiskom na tipku signal ne izmjeni.

Vremenski ustaljeno upravljanje temelji se na fiksnim programima koji se mijenjaju prema unaprijed određenom vremenskom rasporedu, a ne u ovisnosti o trenutnim prometnim potrebama. Programi se izrađuju na temelju brojanja prometa, odnosno prometne prognoze te se na križanju ili koordiniranom potezu izmjenjuje nekoliko programa.²⁷

Upravljanje poluovisno o prometu koristi se na križanjima gdje je protok vozila na sporednim pravicima mali. To upravljanje zasniva se na vremenski ustaljenom upravljanju glavnom fazom, koja se ostvaruje u svakom ciklusu, dok se sporedne faze realiziraju samo uz prethodnu detektorsku najavu. U slučaju kad tih najava nema, ukupno vrijeme trajanja sporednih faza prepušta se glavnoj fazi.

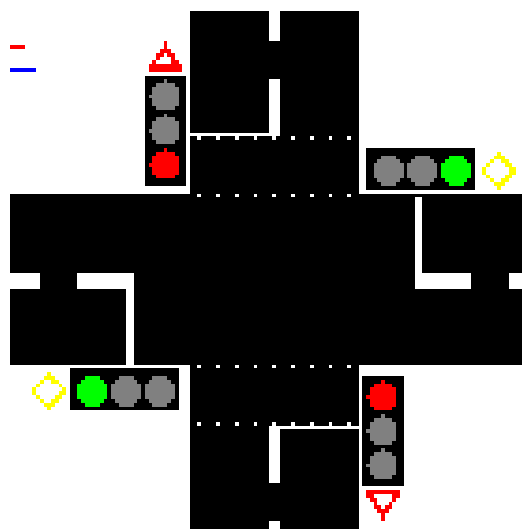
Upravljanje ovisno o prometu jest upravljanje prometom na križanju ili koordiniranom potezu koje obavljaju sami sudionici. Obavijesti o stanju u prometu prikupljaju se s pomoću detektora. Na temelju detektorske najave, signalni uređaj registrira zahtjev za zeleno svjetlo tj. za slobodni prolaz i na temelju tih zahtjeva raspoređuje zeleno po signalnim skupinama u ciklusu. Kada zahtjev za zeleni signal prestane, dozvola za promjenu signala prosljeđuje se sljedećim skupinama u nizu, te ga one mogu realizirati uz pretpostavku da su se prioritetni zahtjevi riješili. Tim načinom upravljanja duljina trajanja zelenog svjetla i duljina trajanja ciklusa mijenjaju se ovisno o trenutnim prometnim zahtjevima²⁷.

²⁷ Cerovac V.: *Tehnika i sigurnost prometa*, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb 2001., str.279-280-

6.7. Upravljanje semaforom pomoću PLC-a

PLC (Programable Logical Controler) omogućava unošenje i mijenjanje programskog režima rada na željenom križanju ovisno o trenutnim potrebama bilo u koordinaciji sa senzorima i detektorima bilo u samostalnom radu.

Na bazi prometnog, elektro i građevinskog projektnog rješenja, položaja križanja u prometnoj mreži odabire se strategija regulacije prometom. Na osnovi izabrane strategije regulacije određuje se slijed faza regulacijskog programa za upravljanje svjetlosno prometnom signalizacijom.²⁸



Slika 26. Križanje upravljano PLC-om, [13]

Programabilno logički kontroleri (PLC) tipa PS1 predviđeni su za automatsko upravljanje pojedinih semafora ili grupa semafora sa mogućnošću detektorskog, vremenskog, koordiniranog i ručnog upravljanja. Realizirani su tako da se mogu koristiti samostalno ili u kombinaciji sa drugim programabilnim kontrolerima istog ili drugog tipa, kada se radi o složenijim sustavima.

Semafori zasnovani su na industrijskom osobnom računalu PS1. Izvedeni su tako da mogu normalno funkcionirati u otežanim uvjetima rada (temperatura, vlaga i dr.) na mjestu ugradnje. PS1 je izveden u modularnoj izvedbi sa dodatnim elektroničkim karticama za energetska uključivanja žarulja i za kontrolu ispravnosti žarulja i izlaznih stupnjeva. Ova oprema je smještena u limeni ormarić dimenzija 1200x800x300 mm izveden prema standardu mehaničke zaštite IP54.²⁸

²⁸http://www.academia.edu/5455747/Upravljanje_pomo%C4%87u_semafora 8.2015.



Slika 27. PLC tipa PS1, [13]

Uređaj je opremljen terminalom koji se sastoji od LCD displeja veličine 4x16 alfanumeričkih znakova, na kojemu se prikazuju svi parametri važni za automatsko odvijanje procesa, i folijske tipkovnice koja se sastoji od četiri funkcijske tipke preko koje se mogu vrlo jednostavno unijeti svi parametri koji utječu na rad semafora.²⁹

Izvedena je hardversko - softverska kontrola odvijanja normalnog režima rada uređaja. Na ovaj način je kontrolirano da li se na izlazima (žaruljama) dobiva potrebno stanje koje je zahtijevano semaforskim programom. Ovim načinom se uočava da li je došlo do istovremenog uključanja nekih konfliktnih grupa koje ne smiju raditi istovremeno, te u tome slučaju semaforski uređaj odlazi u alarmno stanje koje se manifestira prema van treptanjem žutih žarulja, a na LCD displeju se prikazuje vrsta alarma.

Ovim načinom se ostvaruje i kontrola izlaznih stupnjeva uređaja tj. uočava se je li neka žarulja pregorila, te se u slučaju detekcije takvog stanja na displeju se prikazuje oznaka neispravnosti žarulje tako da je olakšana detekcija kvara i omogućeno brže zamjenjivanje neispravnih žarulja ili izmjena neispravnog izlaznog modula, a uređaj također može preći u alarmni mod treptanja žutih žarulja. Kompletan statistika ovih događanja se pohranjuje u trajnoj memoriji semaforskog uređaja.²⁹

²⁹http://www.academia.edu/5455747/Upravljanje_pomo%C4%87u_semafora 8.2015.

Uređaj ima mogućnost da pri završetku trajanja zelenog svjetla tri do pet puta zatrepće zelenim svjetlom čime je olakšano snalaženje vozača u prometu.

PS1 ima mogućnost dogradnje dodatnih modula za najavu pješaka. Modul za najavu pješaka sastoji se od tipkala koje omogućava postavljanje zahtjeva pješaka za zelenim svjetlom, i davača zvučnog signala koji isprekidanim tonom visoke frekvencije označava stanje pješačkog zelenog svjetla, te na taj način omogućava lakše snalaženje slijepim osobama u prometu.³⁰

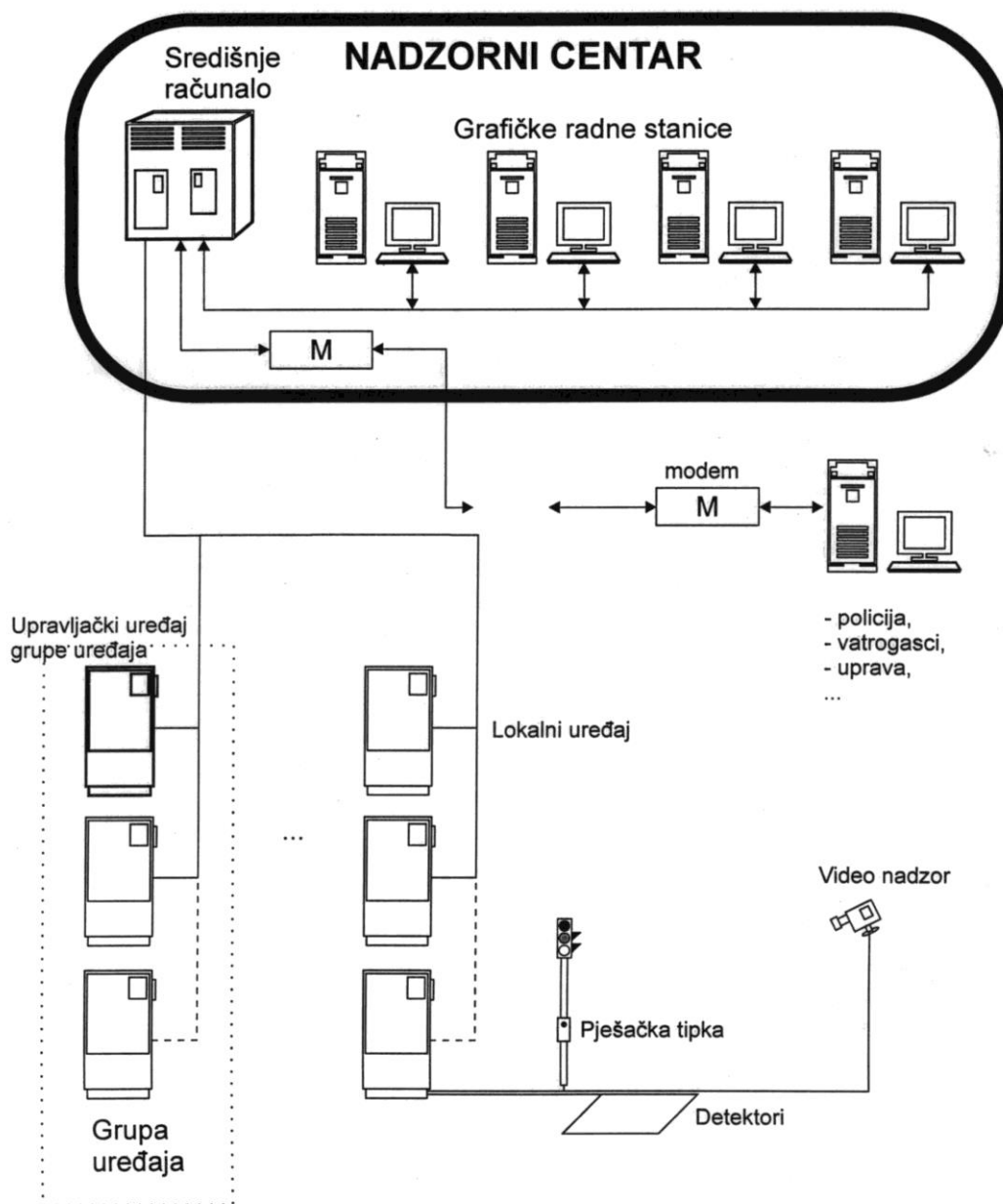
Programabilno logički kontroler PS1 također ima mogućnost dogradnje dodatnih osjetila za detekciju prisutnosti vozila. Na osnovu informacija primljenih od osjetila za prisutnost vozila vrši se automatska promjena faza rada semaforškog uređaja na temelju prethodno unešenih programa.

Semaforški uređaj je izveden tako da može raditi u koordiniranom modu sa drugim uređajima, te se dogradnjom posebnih modula može ostvariti vremenska koordinacija na temelju DCF signala koji sinkronizira sat realnog vremena svih uređaja koji su spojeni u međusobni koordinirani rad. Drugi način ostvarivanja koordiniranog rada je međusobno povezivanje uređaja signalnim kabelom.³⁰

Semaforški uređaj PS1 izveden je tako da je omogućen rad sa semaforским žaruljama E27, sa halogenim žaruljama ili LED diodama. Za potrebe instalacije lanterni na raskrižjima mogu se koristiti različite vrste semaforških stupova.

Dogradnjom GSM modema ostvaruje se bežični digitalni sustav prijenosa informacija između uređaja i centralnog nadzornog mjesta. Na taj se način, tehnički vrlo jednostavno, dislocirani semaforški uređaji, povezuju u jedan nadzorni sustav koji omogućava kontrolu rada lokalnih semaforških uređaja. Osim nadzora rada lokalnih uređaja ovime se omogućuje sustavno automatsko upravljanje prometom u jednome dijelu ili u čitavom gradu. Nadzorni centar također može biti i u funkciji servisne službe, čime se olakšava pravodobno i brzo dobivanje informacija o pojavi greške ili kvara na nekom uređaju, a time i kvalitetno održavanje kompletnog sustava. Bežičnim digitalnim sustavom prijenosa informacija omogućena je na ovaj način i brza i točna komunikacija sa policijom, vatrogascima, prvom pomoći te drugim službama koje su vrlo zainteresirane za događanja vezana uz promet.³⁰

³⁰http://www.academia.edu/5455747/Upravljanje_pomo%C4%87u_semafora 8.2015



Slika 28. Shema upravljanja pomoću nadzornog centra, [13]

Uređaj za upravljanje svjetlosnim signalima PS1 izveden je tako da ima dva osnovna moda rada i to:

- mod signalnog rada
- mod podešavanja signalnog uređaja

U modu signalnog rada razlikujemo nekoliko režima rada: automatski rad, ručni rad, detektorski rad.

U modu podešavanja signalnog uređaja omogućeno je operateru na licu mjesta izvesti podešavanje slijedećih parametara koji su jako važni za odvijanje normalnog signalnog rada semaforškog uređaja:

- realno vrijeme
- period programa
- trajanje zelenog svjetla
- kontrola žarulja
- zvuk tipke
- zvuk svjetla.³¹

REALNO VRIJEME je mod u kojemu je omogućeno podešavanje sistemskog sata realnog vremena.

PERIOD PROGRAMA je mod u kojemu se vrši podešavanje vremena početka pojedinih programa važnih za automatski vremenski režim rada semafora.

TRAJANJE ZELENOG SVJETLA je mod u kojemu je moguće izvršiti podešavanje trajanja zelenog svjetla za pojedinu signalnu grupu zelenih žarulja, za pojedini program. Zaštitna vremena i prijelazna vremena se ne mogu podešavati na ovaj način radi sigurnosti odvijanja programa.

KONTROLA ŽARULJA je mod u kojemu je moguće uključiti/isključiti detekciju ispravnosti pojedine crvene, zelene ili žute žarulje. Na ovaj način u slučaju nedozvoljenog stanja pojedine žarulje signalni uređaj prelazi u alarmni mod treptanja žutog svjetla. Minimum sigurnosne kontrole za pojedine žarulje kojima se ne može na ovaj način isključiti detekcija ispravnosti definiran je prema RiLSA (Richtlinien für Lichtsignalanlagen).

ZVUK TIPKE je mod u kojemu je moguće postaviti ili izostaviti davanje zvučnog signala nakon pritiska najavne tipke na stupu čime je pješaku potvrđen prihvat zahtjeva zazelenim svjetlom.

ZVUK SVJETLA je mod u kojemu je moguće postaviti ili izostaviti davanje zvučnog signala za vrijeme trajanja pješačkog zelenog svjetla, nakon ostvarene najave putem najavne tipke.³¹

³¹http://www.academia.edu/5455747/Upravljanje_pomo%C4%87u_semafora 8.2015

7. ZAKLJUČAK

Kada se analizira regulacija prometa i sigurnost sudionika u prometu, svjetlosna signalizacija predstavlja vrlo važan i neizostavan element u razmatranju ova dva segmenta suvremenog prometnog sustava.

Osnovne zadaće svjetlosne prometne signalizacije su povećati protok i brzinu prometnih tokova na križanjima cestovnih prometnica te omogućiti sigurno kretanje svih sudionika u prometu: vozača, pješaka, biciklista.

Povećanju sigurnosti cestovnog prometa u velikoj mjeri pridonose i nove tehnologije razvijene na području elektrotehnike i komunikacija. Kao i što je navedeno u ovome radu, LED tehnologija svojim osobinama je uvelike poboljšala izradu i eksploataciju svjetlosne signalizacije, a pravovremeno prepoznavanje potencijala tih tehnologija može imati velik doprinos povećanju sigurnosti u prometu.

Kod projektiranja raskrižja prometnica neizostavan element je projekt signalizacije. Dio projekta signalizacije je i signalni program koji najviše utječe na sigurnost odvijanja prometa. Za dobar i siguran projekt signalizacije najvažnija su zaštitna međuvremena i raspodjela faza. Ti elementi se određuju proračunom za svako pojedino križanje. Ispravno proračunata međuvremena su pretpostavka za siguran i pouzdan rad svjetlosne signalizacije.

Razvojem velikih gradova, razvija se i promet te nastaju zagušenja i sve češći zastoji na prometnicama. Takvi događaji zahtijevaju povezivanje i koordinaciju svjetlosne signalizacije na križanjima prometnica. To se ostvaruje komunikacijom između signalnih uređaja na susjednim križanjima ili komunikacijom uređaja sa nadzornim centrom iz kojeg se vrši upravljanje prometom. Komunikacija omogućava koordinaciju, sinkronizaciju i nadzor rada uređaja na križanjima i time povisuje razinu sigurnosti i kvalitete prometa.

Budući da je potreba za putovanjem ljudi svakim danom sve veća, na prometnicama se pojavljuje sve više vozila, tako je ivaća potreba za regulacijom prometa. Stoga svjetlosnu signalizaciju treba razvijati i unapređivati kako bi mogla zadovoljiti sve složenije zahtjeve suvremenog prometa.

8. LITERATURA

- [1] Pašagić S.: *Vizualne informacije u prometu*, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb 2004.
- [2] Cerovac, V.: *Tehnika i sigurnost prometa*, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb 2001.
- [3] Legac I., koautori: *Gradske prometnice*, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb 2011.
- [4] *Smjernice za prometnu svjetlosnu signalizaciju na cestama*, Hrvatska uprava za ceste, Zagreb, 2000.
- [5] *Pravilnik o prometnim znakovima, opremi i signalizaciji na cestama*, Narodne novine br. 33/05
- [6] <http://www.autoskola.com.hr> (srpanj, 2015.)
- [7] <http://www.prometna-zona.com> (srpanj, 2015.)
- [8] <http://www.signalfan.com> (srpanj, 2015.)
- [9] <http://www.pismorad.hr> (srpanj, 2015.)
- [10] <http://www.masmedia.hr> (srpanj, 2015.)
- [11] <http://www.lipapromet.hr> (srpanj, 2015.)
- [12] <http://www.enel.com.hr> (srpanj, 2015.)
- [13] <http://www.academia.edu> (kolovoz 2015.)
- [14] <http://www.gradimo.hr> (kolovoz 2015.)



Sveučilište u
Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti
10000 Zagreb
Vukelićeva 4

METAPODACI

Naslov rada: Značajke svjetlosne signalizacije u cestovnom prometu

Autor: Krešimir Grbić

Mentor: Prof.dr.sc. Anđelko Ščukanec

Naslov na drugom jeziku (engleski):

Characteristics of the Light Signalization in Road Traffic

Povjerenstvo za obranu:

· <u>Doc. dr. sc. Darko Babić</u>	, predsjednik
· <u>Prof.dr.sc. Anđelko Ščukanec</u>	, mentor
· <u>Dr. sc. Luka Novačko</u>	, član
· <u>Prof. dr. sc. Mario Šafran</u>	, zamjena

Ustanova koja je dodjelila akademski stupanj: Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu

Zavod: Zavod za cestovni promet

Vrsta studija: sveučilišni

Naziv studijskog programa: Promet

Stupanj: preddiplomski

Akademski naziv: univ. bacc. ing. traff.

Datum obrane završnog rada: 15.9.2015.



Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti
10000 Zagreb
Vukelićeva 4

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOST

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem kako je ovaj _____ završni rad

isključivo rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na objavljenu literaturu što pokazuju korištene bilješke i bibliografija.

Izjavljujem kako nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, niti je prepisan iz necitiranog rada, te nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava.

Izjavljujem također, kako nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu _____ završnog rada

pod naslovom **"Značajke svjetlosne signalizacije u cestovnom prometu"**

na internetskim stranicama i repozitoriju Fakulteta prometnih znanosti, Digitalnom akademskom repozitoriju (DAR) pri Nacionalnoj i sveučilišnoj knjižnici u Zagrebu.

Student/ica:

U Zagrebu, _____ 7.9.2015.

(potpis)